

## Отзыв научного руководителя

о диссертационной работе «Исследование морфологии и свойств кремниевых наночастиц для биомедицинских применений методом комбинационного рассеяния света», представленной Алыковой Алидой Файзрахмановной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – лазерная физика

Алыкова Алида Файзрахмановна с отличием окончила магистратуру Инженерно-физического института биомедицины Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (НИЯУ МИФИ) в 2017 году по направлению подготовки 14.04.02 – ядерные физика и технологии. В том же 2017 году она поступила в аспирантуру НИЯУ МИФИ и успешно (с отличием) закончила ее в 2021 году по специальности 1.3.19 – лазерная физика. Во время своего обучения А.Ф. Алыкова активно занималась научной работой на кафедре № 88 НИЯУ МИФИ «Полупроводниковая квантовая электроника и биофотоника» и с февраля 2021 как младший научный сотрудник Научного центра волновых исследований ИОФ РАН.

Диссертационная работа А.Ф. Алыковой посвящена актуальному направлению – исследованию физических свойств наночастиц кремния, определяющих основы их биомедицинских применений. Для решения поставленных задач, использован метод комбинационного рассеяния света, который позволил определить такие физико-химические свойства материалов как растворимость (биодеградируемость), а также способность к фотонагреву под действием лазерного излучения. Исследование проведено для наночастиц разной морфологии, важных для биомедицинских применений: кремниевые нанонити, мезопористый кремний и два типа нанокристаллического кремния, полученного разными методами – плазмохимическим синтезом и лазерной абляцией.

Впервые для определения температуры наночастиц кремния в водных суспензиях предложен и реализован метод определения температуры по соотношению интенсивностей стоксовой и антистоксовой компонент комбинационного рассеяния света. На его основе впервые определены температуры нагрева для нанокристаллического и мезопористого кремния в зависимости от мощности лазерного излучения. Проведен комплекс исследований по определению растворимости наночастиц кремния и их стабильности. Впервые проведено исследование свойств растворимости наночастиц аблированного кремния в водных растворах с различной кислотностью. Установлено, что наночастицы лазерно-аблированного кремния являются эффективными сенсибилизаторами нагрева: в их присутствии локальный нагрев клеток под действием лазерного излучения в области ИК диапазона приводит к 100 % гибели клеток (при 60-минутном облучении при средней мощности 3 Вт).

Полученные в диссертационной работе результаты обладают не только обозначенной выше научной новизной, но и большой практической значимостью. Результаты по сенсибилизации нагрева, а также методика определения температуры наночастиц при фотонагреве, могут быть использованы при разработке методов гипертермии с использованием наночастиц кремния. Анализ зависимости скорости растворения (биодеградации) наночастиц кремния разной морфологии и структуры позволил дать рекомендации по их применению в различных биомедицинских технологиях.

А.Ф. Алыкова во время научной работы проявила себя как инициативный молодой ученый с творческим отношением к работе. Она общительна, умеет работать в коллективе. Она освоила различные методы получения наночастиц кремния, методики получения водных суспензий и растворов. Овладела методиками диализа, подготовки образцов, работу на оборудовании и его наладку для измерения спектров комбинационного рассеяния света. Проявила зрелые навыки работы с компьютерной техникой, освоила пакет прикладных программ Origin для обработки и интерпретации экспериментальных данных. А.Ф. Алыкова приняла личное участие в разработке и создании экспериментальной установки для изучения

влияния лазерного излучения на биологические объекты (одноклеточный организм *Paramecium caudatum*) в присутствии кремниевых наночастиц. Она принимала активное участие в обсуждении полученных результатов с коллегами по кафедре, а также с коллегами из других научных организаций при проведении с ними совместных исследований.

Научная достоверность полученных в диссертации результатов не вызывает сомнений. Результаты работы опубликованы в 18 статьях, 11 из которых - в научных журналах, включённых в перечень ВАК РФ и индексируемых в базах WoS и Scopus. Прошли аprobацию на научных семинарах НИЯУ МИФИ и ИОФ РАН, и на 13 всероссийских и международных конференциях, отмечались наградами на трех молодежных конкурсах, а также стипендией Президента РФ (2018-2021гг.). Соискатель является соисполнителем двух госзаданий и проекта РФФИ.

Считаю, что диссертационная работа А.Ф. Алыковой «Исследование морфологии и свойств кремниевых наночастиц для биомедицинских применений методом комбинационного рассеяния света» удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам диссертант заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – лазерная физика.

Научный руководитель,  
доктор физико-математических наук,  
высококвалифицированный ведущий научный сотрудник  
Федерального государственного бюджетного учреждения  
науки «Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской  
академии наук»

*Завестовская*  
*10.09.2021.*

Завестовская  
Ирина Николаевна

ФИАН, 119991, Москва, Ленинский пр-т, 53  
Тел. +7(499)132-61-59; e-mail: [zavestovskayain@lebedev.ru](mailto:zavestovskayain@lebedev.ru)

Подпись И.Н. Завестовской заверяю,  
ученый секретарь Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки «Физический институт им.  
П.Н. Лебедева Российской академии наук»,  
кандидат физико-математических наук



Колобов  
Андрей Владимирович

*20.09.2021г.*